

SCENARIOS PERTINENTS À CONSIDERER & SCENARIOS POUR LA REGLEMENTATION ALKS

1. PREAMBULE

Sur demande du CSTA14 et en particulier du GT Réglementation, l'objectif de ce livrable du GT Safety & Validation est de présenter la position française afin de :

- définir un état de l'art pour l'industrie et les autorités
- contribuer à la définition de scénarios pour l'homologation / la certification des véhicules automatisés et des systèmes de transport routier automatisés

Ce document présente un état de l'art concernant les définitions, et des processus à mettre en place concernant les scénarios pertinents à prendre en compte et capitaliser, et la proposition de scénarios à proposer à la réglementation.

2. INTRODUCTION

La conception et la validation des systèmes de délégation de conduite fait appel à des scénarios qui permettent soit de décrire le système à concevoir et de le spécifier, soit de vérifier que le système automatisé conçu réponde bien aux exigences de conception, ou de valider le système automatisé et notamment sa sécurité.

L'approche par scénarios est apparue comme une évidence car la définition du système passe par la définition de scénarios opérationnels, pour une bonne compréhension du fonctionnement du système par l'ensemble des parties prenantes, et car aussi l'amélioration de la sécurité routière (exigence demandée par les autorités dès lors que la tâche et le contrôle dynamique de conduite est déléguée), passe principalement par la maîtrise de la sécurité de la fonction attendue / sécurité opérationnelle (SOTIF – ISO PAS 21448), la fixation d'objectifs qualitatifs et quantitatifs et la capitalisation des scénarios pertinents, comme le rappelle la figure 1 :

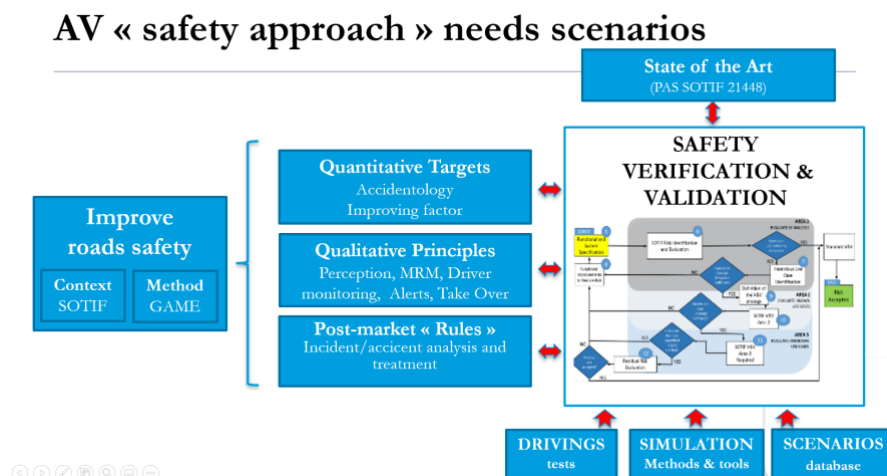


Figure 1 : Position Technique Française[1] : Sécurité des Véhicules Autonomes, mars 2019.

En outre, avec l'arrivée du SOTIF, et des premiers cas d'accident mortels en véhicule autonome de niveau 2, il est aussi devenu indispensable de capitaliser les scénarios décrivant les situations potentiellement ou avérées dangereuses déjà rencontrés, avant et après commercialisation quel que soit le niveau d'autonomie du système développé. Ces cas sont appelés en anglais souvent « corner case », « edge case » ou « golden case » ou encore « critical scenarios », et en français « scénarios rares » ou « scénarios critiques ». Des illustrations en sont données en figure 2. Il n'y a pas encore de définition bien normalisée à ce jour.

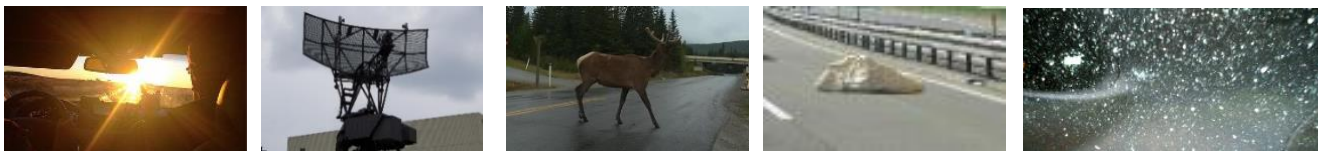


Figure 2 : Exemples de « scénarios rares » ou « corner cases » : éblouissement, perturbation électro-magnétique, cerf traversant la chaussée, objet non identifié sur la chaussée, chutes de neige dense...

Certaines de ces situations sont déjà connues, d'autres moins voire pas, et elles ne sont pas toutes pertinentes pour un système donné. Il faudra démontrer le bon fonctionnement du système dans ces situations, soit par le numérique soit par des essais physiques. Ces situations seront mises en scènes en forme de scénarios et capitalisées dans des catalogues ou bibliothèques de scénarios.

Cette méthodologie, d'identification des scénarios, de collecte, et de traitement sécuritaire, est en voie d'apparaître dans l'homologation ou la certification des systèmes automatisés comme l'illustre la figure suivante :

Three pillars approach needs scenarios From VMAD

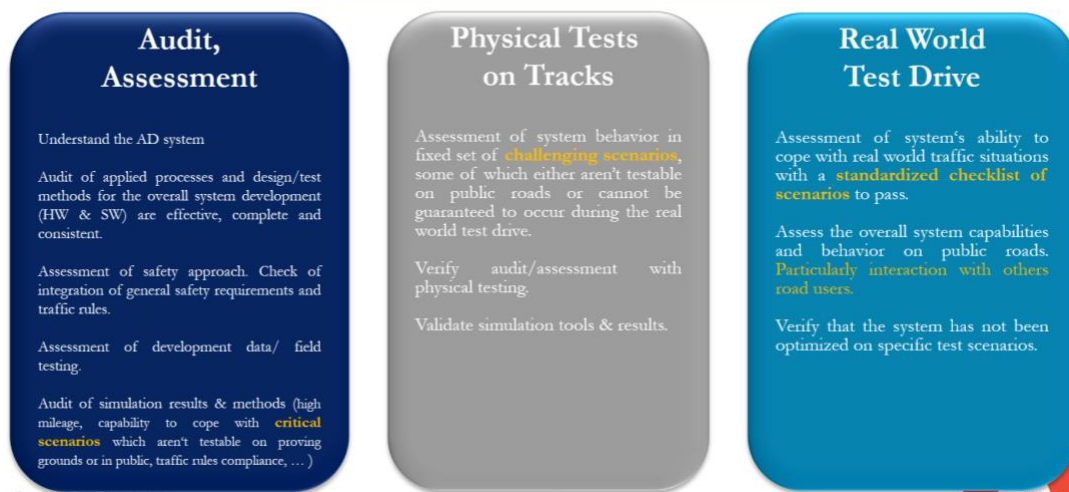


Figure 2 : Approche d'homologation / vérification selon trois piliers, proposée par l'OICA, et retenue par le VMAD. Les scénarios s'y retrouvent de manière transversale

Enfin, pour qu'une bibliothèque de scénarios soit recevable pour l'homologation ou la certification, elle devrait selon les membres de la PFA respecter un certain nombre d'exigences, et pas uniquement concernant les scénarios qu'elle contient. Nous garderons cet ultime point pour la conclusion et les perspectives.

3. POURQUOI PARLE-T-ON DE SCENARIOS PERTINENTS ?

La notion de pertinence est relative. Rien n'est pas pertinent dans l'absolu mais vis-à-vis de quelque chose. Le jugement de la pertinence d'un scénario est relatif à son utilisation ou son exploitation. Le dictionnaire de l'Académie Française donne la définition suivante :

Pertinent : Qui se rapporte à la question. Qui convient parfaitement à son objet. Raisons pertinentes. Remarque, critique pertinente. DROIT. Qui se rapporte exactement à la question, au fond de la cause. Moyens pertinents et admissibles. Faits, articles pertinents.

Pour être précis il faudrait donc dire que les scénarios qu'il faut collecter, capitaliser et considérer sont les « **scénarios pertinents pour la safety de la fonction** », car un scénario pertinent pour la « safety » peut être non pertinent pour le confort. Ce sont donc des scénarios mettant en évidence un risque « safety » ou intervenant dans la définition ou le dimensionnement d'une barrière « safety », d'une mesure de réduction des risques (MRR). Ces scénarios sont utilisables dès la phase de conception et jusqu'aux phases de validation et d'homologation. Un processus doit être mis en place après mise en service du système, comme demandé par la réglementation R157[4], la loi LOM[3], ou la position PFA sur la sécurité des VA[1], pour continuer à capitaliser les scénarios pertinents et améliorer continuellement le système automatisé.

4. QUELS SCENARIOS SONT PERTINENTS POUR LA SAFETY ?

Certains scénarios sont reconnus comme pertinents pour la sûreté de fonctionnement, et sont étudiés et utilisés depuis longtemps : les **scénarios d'accidents**. Dans le domaine automobile, c'est pour cela que le Laboratoire d'Accidentologie et de Biomécanique (LAB) a été créé dès 1956 ! Ce sont déjà ces scénarios d'accident qui sont considérés par des organismes comme le NCAP (de l'anglais « New Car Assessment Program ») et qui ont permis de grandes avancées en sécurité routière à travers la planète.

Les équipes de sécurité fonctionnelle des sociétés établissent aussi des listes de **scénarios dangereux** pour satisfaire aux normes IEC 61508, EN 50126, ou ISO 26262 et intégrer dès la conception des systèmes automatisés la gestion des défaillances des composants et systèmes électroniques.

Depuis le début de la conception des systèmes d'aides à la conduite (ADAS) actives (e.g. ACC, AEB, TJA) des campagnes de roulages de plus grande ampleur ont été mises en place pour détecter des scénarios pertinents pour la conception et la validation des fonctions de perception, et de décision, parce que ces scénarios s'avéraient beaucoup plus nombreux et qu'ils ne sont pas nécessairement connus des experts de la sûreté de fonctionnement. C'est pour capitaliser ces bonnes pratiques que la norme SOTIF (Safety Of The Intended Functionality) a été pensée et que l'on a depuis 2019, l'ISO PAS 21448, qui demande de mettre en place un processus de réduction des **scénarios potentiellement dangereux et non connus (AREA3)** en mettant en place les moyens de les identifier, en plus de capitaliser les **scénarios potentiellement dangereux connus (AREA2)**. Cette norme introduit la notion de critère d'arrêt de la validation qui induit de fait la notion de couverture par l'utilisation de base de scénarios qui peut être liée à l'objectif quantitatif de sécurité défini dans un autre livrable de la tâche.

C'est pour satisfaire à ces deux normes (ISO26262 et ISO 21448) et au niveau élevé de sécurité demandé pour les systèmes de conduite automatisés que le projet SAM propose d'ajouter aux méthodes inductives et déductives classiques, une méthode d'analyse de sécurité de parcours et d'ODD, ainsi que des roulages afin de capitaliser l'ensemble des scénarios pertinents et de valider le fonctionnement sûr des systèmes automatisés dans leur ODD et sur leur parcours ou zone prédéfinis.

5. COMMENT DÉFINIR UN TAUX DE COUVERTURE ?

L'objectif de ce paragraphe est de donner les moyens de définir une métrique pour démontrer que la base de scénarios pertinents considérée couvre bien l'ensemble des risques identifiés. La manière de définir le taux de couverture et les scénarios dépendront du système, et notamment son ODD et son OEDR, mais aussi de l'approche sûreté de fonctionnement et des barrières sécuritaires ou mesures de réduction des risques retenues. Notre approche sécuritaire demande pour avoir une couverture suffisante à collecter les scénarios d'accident, les scénarios rares (potentiellement dangereux des AREA2 et AREA3 du SOTIF, issus soit d'études des experts « safety », soit issus des roulages), et les scénarios nominaux.

Le système doit satisfaire aux exigences suivantes et donc le taux de couverture devra couvrir les exigences suivantes :

- Garantir un niveau global de sécurité au moins équivalent à des systèmes assurant des fonctions comparables
- Reconnaître son domaine de conception fonctionnelle (en anglais Operational Design Domain – ODD)
- Ne s'activer que dans son domaine de conception fonctionnelle (ODD), et dans ce dernier uniquement
- Éviter ou atténuer les accidents pouvant résulter de situations raisonnablement prévisibles
- Détecter ses défaillances et toute sortie imminente du domaine d'emploi, et en informer les personnes appropriées : le conducteur, l'exploitant, l'intervenant à distance, ...
- Exécuter les **manœuvres** à risque minimal ou d'urgence, le cas échéant.

La couverture comprend alors l'ensemble des attributs de l'ODD, i.e. des notions de zones géographique, d'infrastructures physiques routières (e.g. voie à chaussées séparées, rond-point) mais aussi numérique (e.g. feux connectés, carte numérique éventuellement haute définition du parcours, PCC), de condition d'opération mais aussi temporelle (e.g. soleil rasant, printemps, été, automne, hiver), climatiques, mais aussi des acteurs ou objets à rencontrer (piéton sur autoroute, forces de l'ordre dirigeant le trafic en ville, etc ...). La base de scénarios doit aussi **couvrir l'ensemble des objets, événements et réponses de l'OEDR** (et notamment aux scénarios d'accident dans et à la frontière de l'ODD, et scénarios nominaux dans l'ODD) ou des **barrières sécuritaire ou mesures de réduction des risques retenues**, pour expliquer comment les risques sont traités et ainsi démontrer la sécurité du système. C'est d'ailleurs une exigence quasi explicite du décret d'application de loi LOM – article 31.



Figure 3 : Les bibliothèques de scénarios capitalisent les scénarii issus des démarches de conception sûre et permettent de réduire le risque résiduel à un niveau acceptable (Figure issue d'un brainstorming PFA / JAMA en amont du Congrès SIP ADUS de 2019)

Enfin, l'objectif quantitatif de sécurité, servira de critère d'arrêt des validations, et d'affirmer, que l'ensemble des scénarios raisonnablement prévisibles (comme le dit le « WP29 AD Framework document [3] ») et donc pertinents à considérer pour la « safety » sont réunis.

Or, selon leur occurrence, la durée d'observation retenue pour les collecter peut-être plus ou moins longue comme l'indique la figure suivante :

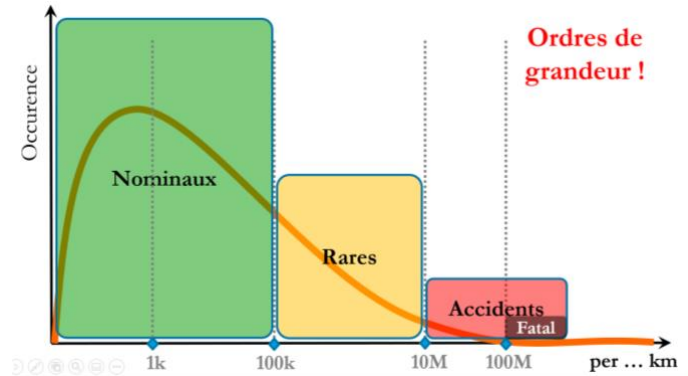


Figure 4 : Les types de scénarios par fréquence ou occurrence.

La notion de **couverture recouvre donc aussi une notion de durée d'observation du trafic routier pour identifier l'ensemble des scénarios raisonnablement prévisible**, car autant certains scénarios sont très fréquents, comme le changement de file, et leur taux d'occurrence est de au moins 1 par minute, autant certains scénarios sont excessivement rares, comme les scénarios d'accidents. On déplore 1 accident mortel pour 100 millions de km roulés.

Le tableau ci-dessous a pour vocation d'indiquer que les bases de données que nous avons considérées comme pertinentes sont « suffisantes » pour décrire les scénarios pertinents à considérer. Le critère retenu est la durée d'observation. **Nous considérons avoir des bases de scénarios suffisamment couvrantes par rapport aux phénomènes et aux risques associés, étant donnée les durées d'observation et d'acquisition des phénomènes pertinents considérés. Pour les bases de données que nous considérons, la période d'observation est au-moins cent fois plus grande que le temps moyen entre deux événements.** Selon les études de RAND Corp (cf. Kalra, N. and Paddock, S.M., *Driving to Safety: How Many Miles of Driving Would It Take to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability?* RAND Corporation, 2016), cela permettrait d'obtenir un taux de confiance de 95%, une puissance de test de 80%, et une amélioration de 20% par rapport à une conduite manuelle.

	Occurrence /h des phénomènes (RETEX observé)	Calcul de la durée d'observation pour être couvrant	Projet / Base de données (information disponible)	Entités responsables
Accidents	10^{-6} 10^{-7} (fatal)	10^9 h (100 Bkm)	VOIESUR 1 year ~ 90Bkm	CEESAR LAB
Incidents	10^{-2}	10^4 h (1M km)	MOOVE $2 \cdot 10^4$ h ~ 1 Mkm	VEDECOM
Nominaux	10^1 to 10^2	10 h (1k km)		

Figure 5 : Les chiffres sont donnés à titre illustratif dans ce tableau sont pour les systèmes de conduite automatisés circulant sur voies à chaussées séparées (e.g. TJC/HWC), avec l'hypothèse que la vitesse moyenne sur ce type de route est de 100 km/h

Nota Bene : Les accidents sont ceux émanant de la conduite manuelle, et ne seront pas forcément occurs en conduite automatisées.

Les premiers chapitres de ce document nous ont permis de circonscrire les scénarios pertinents, quels étaient leurs types (Accidents, Rares, Nominaux, Expertise), dans quel périmètre les collecter (dans et à la limite de l'ODD et du parcours ou de la zone prédéfinis, les réponses de l'OEDR), et sur quelle durée. Le chapitre suivant rentrera dans plus de détails sur les critères pour les collecter et les capitaliser.

6. SCENARIOS D'ACCIDENT SUR VOIES A CHAUSSÉES SEPARÉES

Nous considérons les systèmes de conduite automatisés circulant sur autoroutes et voies express, dont voici la définition que nous retenons :

- Voies à chaussées séparées
 - Pas de trafic en sens contraire sur la chaussée
 - Séparation physique et élevée des chaussées
- Séparation de l'environnement (grillage)
- Voies à accès contrôlé et limité
 - Pas de piéton ou de cycliste (en théorie)
 - à péage ou non (e.g. en Bretagne)
- Pas d'intersection à niveau
- Vitesses maximales autorisées : 70 à 130 km/h

Afin de se conformer aux activités en cours dans la norme ISO 34502, on dissocie pour la définition des scénarios trois éléments distincts :

- Les mouvements (manœuvres) des acteurs (véhicules, piétons, ...)
- Les infrastructure routière (section courante, Voie d'insertion, Voie de sortie, Fin de voie, Création de voie, Péage, infrastructures temporaires, ...)
- Les conditions environnementales ou climatiques (heure de la journée, ensoleillement ou précipitations, etc ...)

Dans la suite de ce document, les partenaires ont retenu pour chercher à être couvrant par rapport à l'ensemble des situations de conduite pouvant être rencontrées, de définir les scénarios fonctionnels par rapport :

- aux mouvements des acteurs environnants l'égo véhicule, et de certains acteurs particuliers (comme le suggèrent le règlement UN R157 ou les normes 3450X) comme les deux roues motorisés ou les piétons, et
- à des infrastructures spécifiques.
- Les conditions environnementales sont prises en compte dans l'ensemble des scénarios fonctionnels précédents comment des variations.

7. SCENARIOS NOMINAUX SUR VOIES A CHAUSSÉES SEPARÉES

7.1. Suivi de ligne et Suivi de véhicule

Définition des scénarios fonctionnels :

- Suivi de lignes : Ego véhicule avance dans sa voie de circulation sans véhicule le précédent (en tout cas pas à portée de vue par le conducteur, ou de capteur pour un système de délégation de conduite)
- Suivi de Véhicule : Ego véhicule avance dans sa voie de circulation. Un véhicule l'y précède.

Nota Bene : en anglais, nous retenons les définitions suivantes

- Lane Following: Free in lane driving without a preceding vehicle (in the sensor range, or in visibility) in the lane in front of ego vehicle.
- Vehicule Following: In lane driving with a preceding vehicle in the lane in front of ego vehicle taken into account for velocity and distance adaptation.

Ces scénarios fonctionnels permettent de démontrer le fonctionnement des systèmes lors des manœuvres tactiques « Suivre sa voie de circulation », « Suivre le véhicule précédent », et « Centrage dans la voie / Décentrage dans la voie ».

Les scénarios logiques complémentaires suivants sont considérés pertinents :

- Modification de vitesse maximale réglementaire (Au passage d'un panneau de limitation ou de fin de limitation de vitesse), en anglais : « *Speed Limit change* »
- Depuis l'arrêt, décollage du véhicule précédent, en anglais : « *Preceding vehicle & ego Vehicle stand and start driving* »
- Freinage du véhicule précédent jusqu'à l'arrêt, en anglais : « *Preceding vehicle stops* »
- Freinage Fort du véhicule précédent, en anglais : « *Preceding vehicle brakes at very high level* »
- Arrivée sur une queue de bouchon, en anglais : « *Decelerating behind a congestion* »

7.2. Insertion devant ego vehicule

Définition du scénario fonctionnel :

- Insertion devant égo véhicule : Un véhicule d'une voie adjacente, change de file pour devenir le véhicule le plus proche de l'égo dans sa voie, devant ou derrière.

Pour définir les scénarios logiques associées, nous différencions les insertions devant et derrière, en provenance de la voie de droite ou de la voie de gauche, proche ou éloignés (TIV > 3,5 s), normal ou agressif (vitesse ou accélération latérale importante), ou le cut-in peut juste être une tentative abandonnée.

Nota Bene : en anglais, nous retenons la définition suivante

- Cut-in: A vehicle from an adjacent lane, moves to the ego vehicle lane, and becomes the closest vehicle in the lane, in front, or behind
- Some cut-in characteristics allowing to derive logical scenarios can be: front / behind, left / right , far (TIV > 3,5 s) / close , normal / aggressive (depending on lateral speed or acceleration, aborted).

7.3. Changement de voie du véhicule précédent

Définition du scénario fonctionnel :

- Changement de voie du véhicule précédent l'égo-véhicule : Le véhicule précédent l'ego véhicule, dans sa voie de circulation, change de voie de circulation.

Pour définir les scénarios logiques associées, nous différencions les changements vers la voie de droite ou vers la voie de gauche, les changements de file lent ou agressif, ainsi que les :

- Changement de voie du véhicule précédent sans nouveau véhicule précédent dans la voie
- Changement de voie du véhicule précédent avec nouveau véhicule précédent dans la voie
 - Alors nous différencions les cas de
 - nouveau véhicule précédent plus lent et
 - nouveau véhicule précédent arrêté
- Tentative de changement de voie du véhicule précédent : le véhicule précédent commence un changement de file, mais rapidement revient dans la voie de l'égo véhicule.

Nota Bene : en anglais, nous retenons la définition suivante :

- *Cut-out* : The first in lane preceding vehicle, in front of ego vehicle, changes to an adjacent lane
- Some cut-out characteristics allowing to derive logical scenarios can be:
 - left/right, normal / aggressive
 - cut-out aborted: the preceding vehicle rapidly come back in front of ego vehicle,
 - cut-out & no vehicle in front,
 - cut-out & new preceding vehicle (often with a lower speed or a stopped vehicle),

7.4. Traversée de voie

Définition du scénario fonctionnel :

- Traversée de voie : Scénarios au cours desquels un véhicule d'une voie adjacente coupe notre voie de circulation pour rejoindre une voie adjacente de l'autre côté de notre véhicule.

Nota Bene : en anglais, nous retenons la définition suivante :

- Cut-through : While ego vehicle driving in lane with or without a preceding vehicle, a surrounding vehicle from an adjacent lane cut-in ego vehicle lane and without stopping cut-out to the adjacent lane on the other side of ego vehicle

7.5. Dépassement

Définition du scénario fonctionnel :

- Dépassement par ego véhicule : Scénarios aux cours desquels le véhicule égo dépasse un véhicule ou un usager vulnérable de la route plus lent présent sur une voie adjacente.
- Dépassement de ego véhicule : Scénarios aux cours desquels le véhicule égo est dépassé par un véhicule ou un usager vulnérable de la route présent sur une voie adjacente.

Pour définir les scénarios logiques associées, nous différencions, les types d'acteurs dépassés : camions, autres véhicules, motocycliste, et piéton, sa voie par rapport à celle de l'égo véhicule (droite ou gauche) et nous considérons les cas particuliers de :

- dépassement d'un ou par un véhicule (y.c. véhicule d'urgence) arrêté sur la voie adjacente (y.c. B.A.U.)
- dépassement d'un véhicule (y.c. véhicule d'urgence) arrêté sur la voie adjacente et empiétant sur la voie de l'égo véhicule.



Figure 6 : Accidents bien connus de Tesla en mode autopilot contre des véhicules d'urgence arrêtés.

Nota Bene : en anglais, nous retenons les définitions suivantes :

- Ego Overtakes : Ego vehicle is in the lane adjacent to the lane of a slower vehicle or a vulnerable road user, and, overtakes it.
- Vehicle Overtakes : Ego vehicle is in the lane adjacent to the lane of a slower vehicle or a vulnerable road user, and, overtakes it.

7.6. Suppression / Création de voie, y.c. bretelles d'accès et de sortie

Définition du scénario fonctionnel :

- **Suppression / Création de voie, y.c. bretelles d'accès et de sortie** : Scénarios spécifiques aux infrastructures routières avec suppression de voie, fusion de voie, création de voie, incluant les voies pour véhicules lents, les voies d'insertion et de sortie d'autoroutes.

Il semble important d'isoler ces scénarios qui sont spécifiques à un lieu particulier, connu, et pour lesquels des règles de priorité ou des usages particuliers existent, comme par exemple la règle du 1 sur 2 pour les voies d'insertion lorsque la circulation est chargée en France.

Ce scénario fonctionnel inclut a minima, les scénarios suivants :

Suppression de voie

- Une voie adjacente à celle de l'égo véhicule prend fin (sur la droite, sur la gauche, avec ou sans règle de priorité)
- La voie de l'égo véhicule prend fin, et l'égo véhicule doit changer pour une voie adjacente.

Création de voie

- Création d'une nouvelle voie de circulation (sur la gauche ou la droite de la voie de l'égo)
- Création d'une voie de sortie (sur la gauche ou la droite de la voie de l'égo)

Bretelles d'insertion et de sortie

- La voie de l'égo véhicule devient la voie de sortie
- L'égo véhicule doit changer de file pour prendre une voie de sortie

Nota Bene : en anglais, nous retenons les définitions suivantes :

- **Lane merge, New lane, including Entrance and Exit lanes** : *Scenarios specific to these road infrastructures with lane creation and suppression*
- *It seems important to isolate these scenarios because there are specific road infrastructures to states, but also particular driving rules or driver behaviors.*

Lane merge (Zipping)

- *Nearby lane merges into Ego vehicle lane (right side / left side / with or without priority right)*
- *Ego vehicle lane merges into nearby lane (right side / left side / with or without priority right)*

New lane (Branching)

- *new lane created on the left / right side of ego car lane*
- *an exit lane is created on the right/left side of ego car lane*

Entrance and Exit Lanes

- *Ego vehicle lane becomes an exit lane*
- *Ego vehicle shall take the exit lane, and is not in.*
- *Exit lane nearby the Ego vehicle lane*
- *Entrance lane nearby the Ego vehicle lane*
- *Ego vehicle lane on Entrance lane*

8. SCENARIOS D'ACCIDENT SUR VOIES A CHAUSSEES SEPARÉES

Pour être plus précis, nous nous intéressons ici aux accidents de la route français, impliquant au moins un véhicule particulier (VP) circulant sur une section courante d'autoroute ou de voie à chaussées séparées. Pour ces accidents, on dénombre 71 configurations différentes et 256 scénarios concrets dans la base de données de référence VOIESUR (cf. Annexe1). Ils sont tous à collecter et à considérer comme pertinents dans la démarche globale de capitalisation des scénarios potentiellement dangereux et connus citée plus haut. Ces scénarios issus de l'accidentologie française sont basés sur des données de qualité et permettent de construire le socle initial de capitalisation de ce type de scénarios.

Nous ne retenons ici pour être présentées aux instances réglementaires que les 10 configurations les plus mortelles couvrant 50% des accidents et plus de 60% des tués. À partir de ces scénarios il faut réaliser deux actions afin d'être utilisées dans la démarche de conception et validation des systèmes automatisés :

- Définir des exigences de sécurité sur le comportement des véhicules et systèmes automatisés pour les scénarios adressables.
- Définir des scénarios pour la recette de ces exigences utilisables pour des tests sur pistes ou en simulation numérique, ce qui demande un travail d'analyse afin de définir un cas de test.

Ces 10 configurations (cf. Annexe 2) représentent 49% de l'ensemble des accidents répertoriés et redressés pour être représentatif des accidents en France, et impliquant au moins une voiture et sont les suivantes :

	n°	Catégorie	Nom	Taux d'occurrence
1	503		Un Véhicule seul en cause avec sortie de voie à droite <i>Vehicle alone: direct lane departure to the nearside</i>	13%
2	701		Accidents en chaine <i>Chain reaction collisions</i>	11%
3	104		Un véhicule heurte l'arrière du véhicule précédent qui maintenait son allure <i>Rear-end collision between 2 vehicles moving on the same direction (stabilized speed)</i>	11%
4	101		Un véhicule se heurtant à un autre véhicule roulant en contre sens * <i>Collision between 2 vehicles moving in opposite direction with one moving on opposite traffic lane</i>	6%
5	103		Un véhicule se déporte vers la voie adverse alors qu'un véhicule arrive en contre sens * <i>Lane departure to the farside and collision with an OV moving in opposite direction</i>	5%

6	105		<p>Un véhicule heurte l'arrière du véhicule précédent qui ralentissait ou était à l'arrêt <i>Rear-end collision between 2 vehicles where the 1st Vehicle braking or stopping</i></p>	5%
7	405		<p>Accident contre un véhicule en stationnement à droite ** <i>Collision against a stationary vehicle on the nearside</i></p>	3%
8	299		<p>Autre cas d'accidents de dépassement A : véhicule en dépassement <i>Overtaking maneuver: other cases</i></p>	3%
9	513		<p>Véhicule seul en cause se déporte vers la gauche, suivi d'un premier choc puis traverse la chaussée vers la droite avec 2^e choc <i>Vehicle alone: 1st collision on the farside following by a lane departure to the nearside</i></p>	3%
10 a	201		<p>Un véhicule dépasse un autre véhicule et perd le contrôle lors de son rabattement <i>Overtaking maneuver: Loss of control during the overtaking</i></p>	2%
10 b	202		<p>Un véhicule dépasse un autre véhicule et perd le contrôle au cours du dépassement <i>Overtaking maneuver: Loss of control during the overtaking</i></p>	2%
10 c	515		<p>Véhicule seul en cause se déporte vers la droite, suivi d'un premier choc puis traverse la chaussée vers la gauche avec un tonneau <i>Vehicle alone: 1st collision on the nearside following by a rollover on the road</i></p>	2%

Table 7 : TOP10 des configurations d'accident issues du projet VOIESUR et collectées sur l'année 2011.

Il est à noter que pour les configurations les plus mortelles (en termes de nombre total de tués) impliquant au moins 1 VP circulant sur autoroute ou voie à chaussées séparées, nous avons :

- 50% des tués sont couverts par les 6 premières configurations
- 60% des tués sont couverts par les 9 premières configurations
- 80% des tués sont couverts par les 17 premières configurations

Parmi ces configurations d'accident, deux sont des configurations génériques, la 701 (accidents en chaîne) et la 299 (Autres dépassements) dont les scénarios logiques se retrouveront dans d'autres catégories d'accidents. Par exemple, les scénarios logiques associés à « accidents en chaîne » se retrouvent intégralement dans les scénarios des configurations 104, 105 et 405, et ceux de « Autres dépassement » dans 104, 105, 201, 202.

*Cas classique : véhicule en contre-sens sur autoroute

**Cas classique : véhicule en panne, stoppé sur la bande d'arrêt d'urgence, heurté par un poids-lourds

Remarque : contrairement à GIDAS qui recense les comportements du véhicule ayant créé le conflit, la configuration accidentelle s'intéresse à la situation de l'accident, c'est-à-dire y compris les usagers impliqués. Autrement dit le même scénario sera catégorisé autrement (e.g. 103 et 405 pourrait être le même scénario, puisqu'il s'agit d'une sortie de voie).

9. CONCLUSION

L'objectif de cette position est de proposer la définition des scénarios pertinents à capitaliser, d'identifier les types de scénarios à capitaliser avant commercialisation ou mise en service du système. Et de faire des propositions pour définir un taux de couverture de la base de scénarios retenue pour un système de conduite automatisé donné. On distingue quatre familles ou classes de scénarios :

- **Scénarios nominaux**
 - o Sources : issus de la démarche de conception du système, et en particulier les cas d'usage de l'ingénierie des systèmes permettant de décrire le comportement nominal du système et utilisé dans la démarche de définition de l'OEDR.
 - o Couverture : Pour chaque cas d'usages du système, un scénario fonctionnel au moins permet sa description et sa recette. Les cas d'usage doivent au minima couvrir les différents types d'infrastructures routières, les manœuvres des autres véhicules, les principaux événements pertinents, et démontrer le respect des règles (code de la route, étiquette, ...) applicables à l'endroit et au moment où il circule.
- **Scénarios « à dire d'Experts » « Safety »**
 - o Source : Analyses de risques, analyses de sécurité de parcours
 - o Types :
 - Défaillances
 - Insuffisances fonctionnelles
 - Limitations fonctionnelles et mésusages
 - Analyses de parcours et/ou d'ODD
 - o Couverture : Pour chaque risque identifié ou mesure de réduction des risques décidée, un scénario permet sa description et sa recette.
- **Scénarios d'accident**
 - o Sources : scénarios issus des analyses des accidents corporels, représentatifs et pertinents de la fonctionnalité d'automatisation à valider
 - o Couverture : Scénarios représentatifs de l'ODD et du parcours ou de la zone prédéfinis, de l'OEDR, et collectés sur une période temporelle directement liés à l'objectif quantitatif retenu et l'occurrence des scénarios. La couverture de 1 an garantit d'être représentatif des accidents ayant lieu chaque année sur voies à chaussées séparées.
- **Scénarios rares**
 - o Critères : Toute situation ayant abouti à une reprise en main non demandée par le système afin d'éviter un danger, à une MRM, ou une EM. En cours de validation, une situation jugée

dangereuse ou potentiellement dangereuse rencontrée par les conducteurs experts peut être ajoutée pour améliorer la sécurité du système.

- Sources : issus des roulages de conception, validation, ou après commercialisation ou mise en service
- Couverture : idem ci-dessus.

Nota Bene : Un même scénario fonctionnel ou logique peut être identifié lors d'un roulage, par des experts, ou lors de la démarche de conception ... l'objectif d'avoir ces différents axes de vision est l'identification la plus exhaustive possible des scénarios pertinents.

Ces scénarios doivent être capitalisés dans un catalogue ou une bibliothèque (le mot n'est pas stabilisé à l'international, au niveau français nous parlons de **bibliothèque de scénarios**). Pour que cette bibliothèque de scénarios soit recevable pour l'homologation ou la certification, elle devra (NDR : c'est déjà une « position PFA » présentée à plusieurs reprises lors des « international AD Expert workshops » mais jamais capitalisée) sur les scénarios organisés lors des congrès internationaux AVS, & SIP-ADUS) respecter un certain nombre d'exigences, et être :

- **Partagée**

- La bibliothèque de scénarios doit être construite et partagée entre les membres d'un projet financé publiquement, rassemblant des partenaires publics et privés, industriels et académiques.
- La bibliothèque doit a minima être établie et reconnue au niveau d'un état

- **Publiée**

- La bibliothèque doit être présentée lors de congrès nationaux et internationaux ou à des organisations internationales, pour une application nationale et internationale.
- e.g. : conférences internationales (SIA, AVS, SIP ADUS, FISITA), Pegasus AD International Expert Meeting, Bilatéral meetings : PFA & JAMA, PFA & VDA, ...

Ces travaux de dissémination, de présentation, permettent d'atteindre l'objectif suivant :

- **Reconnue**

- La bibliothèque en plus d'être reconnue d'un point de vue national pour une application nationale, doit être reconnue par ses pairs d'un point de vue international, par exemple par des organisations internationales, pour une application internationale (e.g. Commission Européenne, JRC, UITP, OICA, Pegasus Projekts).

- **Disponible**

- La bibliothèque doit être disponible
- Gratuitement ou avec une contribution financière selon le niveau de description des scénarios, car il se comprend que la création et la maintenance d'une telle bibliothèque aura un coût.

- **De confiance = Qualité du contenu**

- Scénarios issus de sources reconnues, publiées, issus de projets aidés (e.g. VOIESUR, UDRIVE, MOOVE, SVA, SVR, ...)
- Elle sera conforme aux recommandations des normes ISO 3450X, et ISO TS 5083
- Les scénarios doivent être soumis à Relecture & Validation par un comité d'experts reconnus

REMERCIEMENTS

Merci aux membres du groupe de travail « Safety & Validation » de la PFA de leur implication dans l'écriture de ce document : Manel BRINI – IRT SystemX, Samia AHIAD – Valeo, Florent MEURVILLE – Valéo, Frédéric LENTI – Stellantis, Stéphane GERONIMI – Stellantis, Alexandre MARTINEZ – Renault, Emmanuel ARNOUX – Renault, ainsi qu'à Thierry HERMITTE, référent sécurité routière chez Renault pour son étude sur les configurations d'accident.

BIBLIOGRAPHIE

[1] PFA Safety, "SAFETY ARGUMENTATION FOR AUTOMATED VEHICLE SAE LEVEL OF AUTOMATION 3 AND 4", Automated Driving Safety Working Group, 2019

[2] ISO21448, "ISO PAS 21448 :2019, Road vehicles – safety of the intended functionality", ISO/TC 22/SC 32 : Electrical and electronic components and general system aspects, Publication 2019-01
[ISO - ISO/PAS 21448:2019 - Road vehicles — Safety of the intended functionality](#)

[3] LOM, « Décret n° 2021-873 du 29 juin 2021 portant application de l'ordonnance n° 2021-443 du 14 avril 2021 relative au régime de responsabilité pénale applicable en cas de circulation d'un véhicule à délégation de conduite et à ses conditions d'utilisation », Publication 14/04/2021
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043729532>

[4] UNR157, "UN Regulation No. 157 - Automated Lane Keeping Systems (ALKS)", UN ECE, Publication 05/03/2021
[UN Regulation No. 157 - Automated Lane Keeping Systems \(ALKS\) | UNECE](#)

[5] Kalra, N. and Paddock, S.M., Driving to Safety: How Many Miles of Driving Would It Take to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability? RAND Corporation, 2016
[Driving to Safety: How Many Miles of Driving Would It Take to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability? | RAND](#)

10. ANNEXE 1 - VOIESUR

« Vehicule Occupant Infrastructure Etudes de la Sécurité des Usagers de la Route »



Projet aidé dont l'ambition est de créer un système d'information à partir de l'analyse détaillée des procès-verbaux d'accidents corporels et mortels de la circulation en France pour l'année 2011. Ce système ou base de données permettra de traiter les multiples questions de sécurité routière qui se poseront jusqu'en 2020. Ce projet est en adéquation avec les problématiques actuelles concernant les usagers vulnérables et la création d'un observatoire Européen de sécurité routière, la déclaration que la décennie 2011-2020 serait la « décennie d'actions pour la sécurité routière » au niveau Mondial et Européen.

Objectif : Obtenir une image la plus détaillée possible de la sécurité routière en France en 2011.

La forte baisse du nombre des tués sur les routes de France constatée au début des années 2000 tend à se faire plus lente ces dernières années. Par ailleurs, nous remarquons l'augmentation relative de l'implication en accidents de certains usagers comme les piétons et les 2-roues. Les objectifs de ce projet sont multiples :

1. Réaliser un diagnostic de sécurité routière au niveau national grâce à l'analyse détaillée de tous les Procès-Verbaux d'accidents Mortels (PVM) et d'un échantillon représentatif des Procès-Verbaux d'accidents Corporels (PV).
2. Mettre en place une base de données exhaustive de référence réalisée à partir de l'ensemble des PV du département du Rhône. Elle associe la description précise des bilans médicaux et les détails sur les circonstances de l'accident.
3. Faire une évaluation critique des données de l'accidentologie de terrain à partir desquelles sont basées nos connaissances actuelles.
4. Tester une méthodologie de redressement des données afin de proposer une correction des données nationales et obtenir les enjeux réels de sécurité routière.
5. Améliorer les connaissances en accidentologie avec un focus particulier sur certains usagers de la route : piétons, deux-roues motorisés, enfants et seniors.

Partenaires du projet :

- IFSTTAR : Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux
- CEESAR : Centre Européen d'Etudes de Sécurité et d'Analyses des Risques
- CETE Rouen : Centre d'études techniques de l'Équipement – Normandie & Centre (CETE NC)
- LAB : Laboratoire d'Accidentologie et de Biomécanique – GIE PSA-RENAULT
- ANR : Agence Nationale de la Recherche (Aide de l'ANR : 942 328 euros)
- Début et durée du projet scientifique : décembre 2011 - 36 Mois

Site internet ANR : [Vehicule Occupant Infrastructure Etudes de la Sécurité des Usagers de la Route | ANR](#)

11. ANNEXE 2 : TOP10 DES CONFIGURATIONS D'ACCIDENTS LES PLUS MORTELLES



10
TOP

Most fatal road accidents on Motorway and divided roads (Passenger cars)

Rank	Configuration	Picture	Designation	Accidents		Killed		SI		KSI			
				Freq.	%	Veh.	Cars	Freq.	%	SI	SIII	Freq.	%
1	603		Vehicle alone : direct lane departure to the nearside	1913	4.2%	1913	1913	328	11.3%	1247	1351	1575	7.3%
2	701		Chain reaction collisions	2847	6.2%	9256	7095	165	5.7%	944	4224	1109	5.1%
3	104		Rear-end collision between 2 vehicles moving on the same direction (stabilized speed)	902	2.0%	1866	1302	75	2.6%	244	997	319	1.5%
4	101		Collision between 2 vehicles moving in opposite direction with one moving on opposite traffic lane	201	0.4%	406	293	32	1.1%	220	163	252	1.2%
5	103		Lane departure to the farside and collision with an OV moving in opposite direction	2716	5.9%	5627	4424	584	20.1%	2037	3021	2621	###
6	105		Rear-end collision between 2 vehicles where the 1st Vehicle braking or stopping	2767	6.0%	5641	4169	29	1.0%	512	3272	541	2.5%
7	406		Collision against a stationary vehicle on the nearside	483	1.0%	673	564	17	0.6%	198	590	215	1.0%
8	299		Overtaking maneuver : other cases (A = overtaking maneuver)	667	1.5%	1373	769	17	0.6%	319	505	336	1.5%
9	613		Vehicle alone : 1st collision on the farside following by a lane departure to the nearside	106	0.2%	111	111	18	0.6%	39	89	57	0.3%
10	201		Overtaking maneuver : loss of control in the end of the maneuver	169	0.4%	209	168	24	0.8%	120	132	144	0.7%
10	202		Overtaking maneuver : loss of control during the overtaking	197	0.4%	262	238	15	0.5%	84	159	99	0.5%
10	616		Vehicle alone : 1st collision on the nearside following by a collision on the road	98	0.2%	98	98	19	0.7%	86	4	105	0.5%

Total of the Top 10				% of the overall accidents				
12791	28%	27075	20808	1289	44%	14344	7169	0
33%	35%	44%	33%	33%	33%	33%	33%	0

Acc	Urban area		Rural area (others)		Motorway & divided road								
	SI	KSI	Acc Killed	SI	KSI	Acc Killed	SI	KSI					
494	57	310	367	983	234	731	965	436	37	###	13%	205	242
###	9	295	304	598	123	561	684	814	32	###	25%	86	118
314	10	59	69	165	34	103	137	423	31	###	36%	83	114
85	5	85	90	89	11	94	105	27	16	5.7%	4.1%	40	56
913	53	348	401	###	516	###	###	20	14	5.0%	4.6%	17	31
###	5	399	404	142	11	73	84	522	13	4.6%	5.1%	40	53
385	6	172	178	20	2	0	2	78	9	3.2%	5.4%	26	35
485	2	178	180	102	7	55	62	100	8	2.8%	5.7%	86	94
74	3	18	21	8	8	0	8	24	7	2.5%	5.9%	21	28
20	4	52	56	12	14	4	18	136	6	2.1%	6.2%	64	70
51	2	0	2	78	7	64	71	69	6	2.1%	6.4%	20	26
45	1	44	45	12	12	2	14	41	6	2.1%	6.6%	40	46

Total of the Top 10				% of the overall accidents								
6285	154	1916	2070	3901	960	3294	4254	2580	173	62%	670	843
20%	23%	19%	19%	42%	49%	47%	47%	53%	62%	48%	51%	51%

Top 10 des configurations d'accidents routiers les plus mortelles impliquant au moins un véhicule particulier (VP) sur voies à chaussées séparées. (Source VOIESUR)